

RF-MBE 法による GaN 及び AlN テンプレートへの GaN 成長に V/III 比が及ぼす影響

Influences of V/III ratio for growth of GaN on AlN or GaN templates by RF-MBE

工学院大, °橋直純, 橋本真里, 山口智広, 本田徹, 尾沼猛儀

Kogakuin Univ., °N. Tachibana, M. Hashimoto, T. Yamaguchi, T. Honda, and T. Onuma

E-mail: cm19034@ns.kogakuin.ac.jp

[はじめに]

III-V 族窒化物半導体は、深紫外線から近赤外線領域までカバーするバンドギャップをもつ直接遷移型半導体であり、光・電子素子へ広く利用されている。中でも $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ は Al と Ga の組成を変化させることでバンドギャップを 3.4~6.0 eV で変化させることができ[1]、深紫外線領域の発光素子への応用が進んでいる。最近では、高品位な AlN テンプレートや AlN 基板の使用により、素子特性が飛躍的に改善している[2]。我々のグループでは、RF プラズマ援用分子線エピタキシー (RF-MBE)法により GaN テンプレート上への AlGaIn 成長に取り組み、臨界膜厚が結晶性や表面平坦性に与える影響を報告してきた[3]。本研究では、GaN、AlN テンプレート上に V/III 比を変化させ GaN 成長を行い、V/III 比が結晶性や表面平坦性、発光特性、電気的特性に及ぼす影響を調査することを目的とした。

[実験方法]

本研究では、MOCVD 法によって c 面サファイア基板上に成長された 1 μm の GaN と、HVPE 法によって c 面サファイア基板上に成長された 400 nm の AlN をテンプレート基板として用い、RF-MBE 法を用いて GaN を成長させた。窒素流量と RF 出力は 1 sccm、200 W で固定し、Ga 平衡蒸気圧 (Φ_{Ga}) を $2.5\sim 7.5\times 10^{-7}$ Torr で変化させた。成長時の圧力は 2.0×10^{-5} Torr であった。基板温度は 650°C とし、1 時間成長した。製作した試料は、分光エリプソメトリー、原子間力顕微鏡 (AFM)、X 線回折 (XRD) 及びフォトルミネセンス (PL)、ホール効果測定により評価した。また、Ga ドロップレットが形成された試料は、5 分間の塩酸処理にてドロップレットの除去を行い測定した。

[結果と考察]

GaN テンプレート上の GaN 薄膜に対し、成長レート、AFM 測定で得られた平均二乗荒さ (rms)、XRD 測定で得られたロックンガカーブの半値全幅 (XRC FWHM) を Φ_{Ga} に対してプロットしたものを図 1 に、PL 測定で得られたバンド端付近の発光 (NBE) ピークの半値全幅と積分強度、並びに NBE 発光とイエロールミネセンス (YL) 発光帯の積分強度比をプロットしたものを図 2 に示す。RHEED のその場観察と rms 値から、 Φ_{Ga} の増加により表面平坦性が向上することが分かった。これに対し、PL 測定では、 Φ_{Ga} の増加により NBE 発光の PL 強度が増加し、半値全幅が最小で 58 meV まで減少した。

[結論]

GaN テンプレート上の GaN 成長では、表面平坦性の向上と PL 特性の改善のためには、ドロップレットが生じない範囲で V/III 比を低く維持する必要があることが分かった。AlN テンプレート上の GaN 成長の結果は当日報告する。

[謝辞]

本研究の一部は高橋産業経済研究財団及び工学院大学総合研究所プロジェクト研究の援助を受けた。RF-MBE 装置を提供頂いた千葉大学吉川明彦名誉教授に感謝申し上げます。

[1] H. Ikeda *et al.*, *J. Appl. Phys.* **102**, 123707 (2007). [2] S. Inoue *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **110**, 141106 (2017). [3] N. Tachibana *et al.*, *ICNS-13*, Bellevue, July 9 (2019), GP02.28.

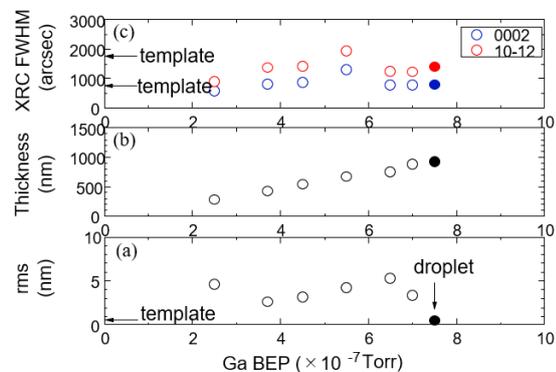


Fig. 1. (a) rms, (b) thickness, and (c) XRC FWHM values as a function of Ga BEP for GaN films grown on GaN templates.

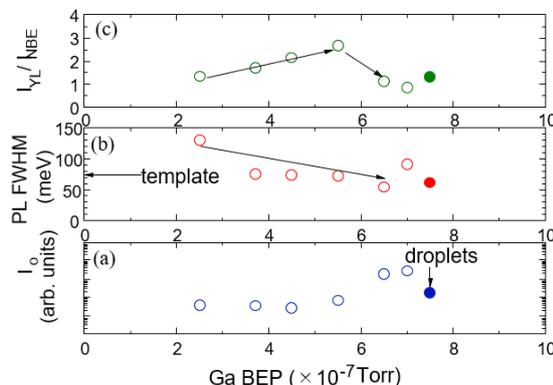


Fig. 2. (a) Integrated NBE PL intensity, (b) FWHM, and (c) $I(\text{YL})/I(\text{NBE})$ values as a function of Ga BEP for GaN films grown on GaN templates.